

CONTAMINACIÓN DE LA MINERÍA EN BOLIVIA. EL CASO DE LA CUENCA MACHA POCOATA

Loredo, V.¹, Alfonso, P.², Casas, J.M.²

¹ Universidad Siglo XX, Edificio "Paraninfo Universitario", calle Campero N° 36-38, Llallagua, Bolivia

² Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Universitat Politècnica de Catalunya. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa

E-mails: vlredo@yahoo.es, pura@emrn.upc.edu, casas@emrn.upc.edu,

RESUMEN

La minera es el sector económico más importante de Bolivia. Destaca la minería de metales base así como metales preciosos. Durante largo tiempo Bolivia ha sido el primer productor de Sn. La suavidad de las leyes ambientales y su escaso cumplimiento ha ocasionado que esta actividad, a lo largo de todos sus procesos, ocasione una gran contaminación ambiental. De esta manera tanto cursos fluviales como los suelos aluviales aptos para la agricultura se encuentran fuertemente contaminados en extensas zonas afectadas por la minería, lo que afecta y genera daños irreversibles de los ecosistemas y biodiversidad de las diferentes zonas de Bolivia.

En el presente trabajo se ha determinado el nivel de contaminación de suelos agrícolas de uso intensivo con metales pesados procedentes de la actividad minera en la subcuenca del Río Grande de Colquechaca-Pocoata, departamento de Potosí, donde se encuentran las comunidades agrícolas de Macha y Pocoata.

En esta área existe una intensa actividad minera que genera desechos que se vierten sin disposición final o diques de colas hacia el Río Grande dando lugar a una elevada contaminación. Estos residuos son ricos en sulfuros, principalmente esfalerita y pirita y sulfosales que, expuestos al contacto con el aire y agua, sufren un proceso de intensa oxidación dando lugar a una elevada acidificación de las aguas circundantes, con la consiguiente concentración de metales pesados que van a parar a los suelos del área de las comunidades agrícolas de Macha y Pocoata.

Los niveles de concentración de metales pesados en los suelos agrícolas de uso intensivo de las comunidades del valle Macha-Pocoata son variables. El estudio muestra que el As y el Pb se encuentran en concentraciones bajas. En cambio, las concentraciones de Cd en los suelos de las comunidades de Churicala y Macha-Kona kona tienen concentraciones de 4,99 y 5ppm respectivamente, los cuales superan los límites de permisibilidad, sin embargo en estas zonas el Zn se encuentra en concentraciones que varían de 146,1 a 150,69 ppm, lo cual aunque se halla dentro del rango permitido según la mayoría de las normativas medioambientales, indican un grado medio de contaminación ambiental.

PALABRAS CLAVE: contaminación, metales pesados, minería, Bolivia

INTRDUCCION

La economía de Bolivia se basa sobre todo en la actividad minera. Esta se lleva a cabo de manera irracional, lo cual ha ocasionado múltiples problemas de contaminación ambiental. Actualmente, se han alcanzado valores elevados de contaminantes en los alrededores de gran parte de las explotaciones mineras, convirtiendo a ésta en una de las actividades que mayor impacto ambiental negativo genera en los factores ecológicos como el agua, aire, suelo, flora y fauna, la salud humana y, en consecuencia, sobre la calidad de vida de los pobladores aledaños a las poblaciones mineras.

Las emisiones provocadas por las extracciones mineras provocan la presencia de elevados contenidos en metales pesados en algunos suelos y sedimentos del altiplano y la cordillera central boliviana (Miller et al. 2004; Archer et al., 2005; Garitano-Zavala, et al., 2010; Kossoff et al., 2013). En los suelos cercanos a los centros mineros, es muy importante evaluar la presencia de metales pesados y otros, debido a su incidencia sobre la fertilidad de suelos y a su elevada toxicidad para las plantas, animales y el hombre. Las actividades mineras del departamento de Potosí han sido clasificadas como las peligrosas del mundo para el medio ambiente (Amezaga et al., 2011).

El deterioro de los recursos naturales y la salud humana pueden tener un efecto negativo, en el potencial de crecimiento de una región en el largo plazo; aún si se obtienen beneficios económicos inmediatos para las empresas. Por lo tanto, es importante que las actividades mineras sean llevadas a cabo de modo que sus impactos sean reducidos al mínimo posible. Sin embargo, algunos metales pesados son necesarias para las plantas en pequeñas cantidades llamadas Oligoelementos o micronutrientes (Cobre, Zinc, Cobalto), por lo que requieren ser determinadas con mucha precisión, en razón de que en cantidades un poco mayores ya son tóxicos y por consiguiente tienen efectos nocivos.

Las comunidades de las poblaciones de Macha y Pocoata, norte de Potosí, que se encuentran en la cuenca del Río Grande, utilizan las aguas que aportan residuos sólidos y líquidos vertidos por los operadores mineros de la Mina Colquechaca, para la producción intensiva de cultivos básicos.

En el presente trabajo se pretende determinar el grado de contaminación ambiental de los suelos agrícolas de las comunidades de Macha y Pocoata debido a la actividad de los operadores mineros de la población de Colquechaca con metales pesados tóxicos.

AREA DE ESTUDIO

La Micro cuenca del Río Grande se encuentra en los municipios de Colquechaca y Pocoata conocida como la micro cuenca Pocoata, ubicándose estos en la provincia Chayanta de la región del Norte del departamento de Potosí. El Río Grande pasa por las poblaciones de Colquechaca, Macha y Pocota y la comunidad de Wataraque, uniéndose mas adelante con el río colorado. Las dos principales actividades económicas de la región son la minería y la agricultura. Sin embargo se evidencia una baja productividad de sus parcelas debido a la contaminación de los ríos y, en consecuencia, de sus suelos.

Esta zona se ubica en a la zona centro-occidental de la Cordillera Oriental de Bolivia. Geológicamente está constituida por materiales mesozoicos depositados discordantemente sobre rocas del Paleozoico Inferior, dispuestos en fajas alargadas, a menudo sobrepuestas a fosas paralelas a la dirección general de la cadena andina (Martínez y Vargas, 1990). Los materiales volcánicos e intrusiones terciarias abundan en el sector (Figura 1).

La mina de Colquechaca pertenece al Cinturón Andino de Sn, de edad terciaria. Este cinturón se extiende a lo largo de más de 1000 Km, desde Perú hasta Argentina. El yacimiento, de edad miocena, se encuentra asociado a rocas subvolcánicas y plutónicas félsicas ((Figura 1; Mlynarczyk y Williams-Jones, 2005).

El Distrito Minero de Colquechaca conocido desde mediados de la época colonial, constituía una de las mayores minas de plata del Alto Perú, después del Cerro Rico de Potosí, a fines del siglo XIX fue segundo productor de este metal en el país. El estaño, es explotado desde el año 1896 hasta la actualidad. También se explota el plomo y el Zinc. La mineralización es rica en casiterita, esfalerita, pirita, sulfosales y galena en menor proporción. Los metales explotados en las minas de Colquechaca son el Zn, Pb, Ag, y Sn

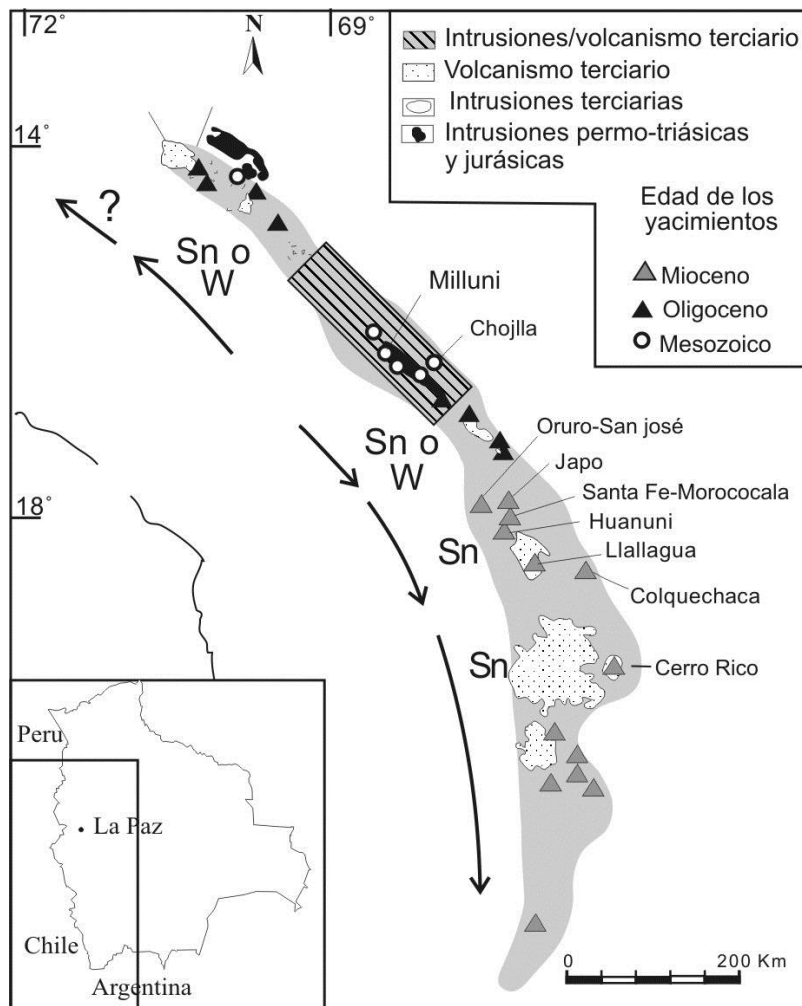


Figura 1. Ubicación de la mina de Colquechaca dentro del cinturón Andino de Sn (Modificada de Mlynarczyk, 2005).

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LOS SUELOS DE MACHA-POCOATA

Textura de los suelos estudiados

El análisis granulométrico del suelo expresa la proporción relativa de las distintas partículas que lo constituyen. Las fracciones consideradas fueron: arena (tamaño entre 2mm y 0.5mm), limo (0.5mm-2 μ m) y arcilla (inferior a 2 μ m). a 2 mm. A partir de ello se realizó la clasificación de estos suelos, teniendo en cuenta la del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Porta et al., 1986) (Tabla 1).

Tabla 1. Granulometría y clasificación de los suelos de la cuenca.

Localización	Textura			Tipo de suelo
	%Arena	%Arcilla	%Limo	
La Palca	60.76	13.82	25.42	Franco arenoso
Churicala	41.16	15.82	43.02	Franco
M-Viscachiri	37.76	18.60	43.64	Franco
M-Kcona Kcona	50.76	16.60	32.64	Franco
Cruce Esquena	49.76	10.96	39.28	Franco
Lucascagua	51.76	16.60	31.64	Franco
Finca Esquena	41.76	16.96	41.28	Franco
Centro Esquena	30.76	14.96	54.28	Franco limoso
Huancarani 2	33.04	15.96	51.00	Franco
Ferrocruz	23.54	22.60	53.86	Franco limoso
Huancarani 1	40.40	20.96	38.64	Franco
Pasto Pampa	26.76	14.96	58.28	Franco limoso

Contenido en Metales pesados de los suelos estudiados

En la mina Colquechaca se realiza la concentración de estaño, principalmente, el agua que se utiliza para el proceso de concentración, proviene de una bocamina, y presenta un pH ácido (2.5-3). Dicha agua, una vez utilizada, no es reciclada, sino que es enviada al dique de colas, lugar donde se filtra al cauce del Río Grande de Colquechaca por las fisuras que presentan los diques que fueron construidos sin un asesoramiento técnico. El drenaje de aguas ácidas producido por la mina tiene un caudal oscila entre 30 y 40 litros por segundo, convirtiéndose éste en un aporte importante del río Colquechaca. Como producto de esta contaminación en el río es muy escasa presencia de organismos acuáticos, tanto animales como vegetales.

Para determinar el nivel de contaminación de suelos con metales pesados debido a las actividades mineras y el riego parcelario, se realizó el muestreo de suelos en época húmeda. Los elementos analizados fueron As, Pb, Zn y Cd en el laboratorio SPECTROLAB de la Universidad Técnica de Oruro (Tabla 2). Las aguas del río Colquechaca muestran un pH alrededor de 2.5, desde la mina Colquechaca hasta la confluencia con el río Rosario, el cual no muestra elevada acidez. El pH de los suelos en las comunidades de Macha suelos del sector Viscachiri, Centro Esquena, Huancarani 2, Ferrocruz, Huancarani 1 y Pasto pampa, se encuentran entre 7.8 y 8.0 calificándose como debilmente alcalinos; mientras que las comunidades de La Palca, Churicala,

Tabla 2. Concentración de metales pesados a lo largo del valle del Río Grande, desde Colquechaca hasta Macha. Ld: límite de detección. *Datos de Prefectura del Departamento de Potosí (2006).

	Población	Altura (m)	As (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
Ld			0,003	0,01	0,1	0,05
Sm1	La Palca	3.623	<0.003	1.64	30.2	14.64
Sm2	Churicala	3.567	<0.003	4.99	<0.1	146.1
Sm3	Macha-Viscachiri	3.558	<0.003	1.70	<0.1	19.87
Sm4	Macha-Kcona Kcona	3.510	<0.003	5.74	<0.1	150.69
	Macha*		77.90	15.4	807	3374
Sm5	Cruce Esquena	3.434	<0.003	1.14	<0.1	17.83
Sm6	Lucascagua	3.432	<0.003	3.00	<0.1	61.59
Sm7	Finca Esquena	3.431	<0.003	2.69	<0.1	46.73
Sm8	Centro Esquena	3.424	<0.003	1.45	<0.1	13.09
Sm10	Huancarani 2	3.410	<0.003	1.70	<0.1	19.72
Sm11	Huancarani 2	3.384	<0.003	2.07	<0.1	27.84
Sm14	Fesocruz	3.372	<0.003	1.08	<0.1	12.89
Sm15	Huancarani 1	3.375	0.005	1.20	<0.1	10.69
Sm16	Pasto Pampa	3.357	<0.003	0.52	<0.1	1.87

La mayoría de los suelos irrigado con aguas del Río Grande presentan concentraciones de cadmio dentro de un rango más bajo, con una varianza desde 0,52 mg/kg en Pasto pampa a 3,0 mg/kg en la comunidad de Lucascagua.

Sin embargo, estos valores se encuentran por encima del fondo geoquímico para este elemento, establecido en 0.2 ppm (Oporto et al., 2012). Por lo tanto, es necesario realizar tratamientos de remediación o descontaminación de suelos.

No obstante zonas más alejadas de la mina Colquechaca, como son las situadas al sur, en el valle del río Chayanta todavía se encuentran afectadas por los residuos de esta mina con elevadas concentraciones en metales pesados (Rojas y Vandecasteele, 2007).

Se observa que las concentraciones de Cd y Zn en los suelos aluviales de los valles de Macha y Pocoata, son generalmente variables y presentan una tendencia a disminuir según se van alejando de la fuente de contaminación referida en el estudio (Fig. 2).

Los niveles de concentración en estos metales guardan una estrecha correlación (Fig. 3). Esto es debido a que el Cd se encuentra principalmente en la estructura de esferita sustituyendo al Zinc.

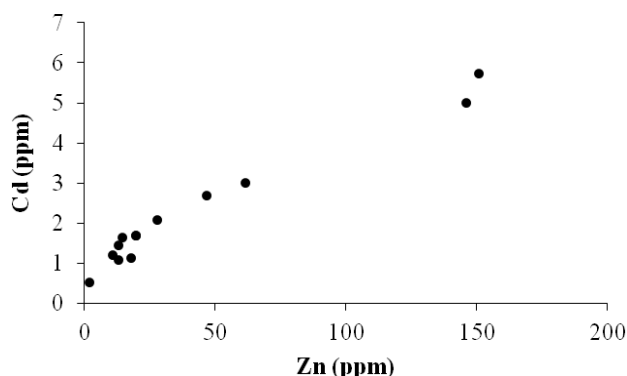


Figura 3. Relación entre la concentración de cd y Zn de diferentes lugares del valle del Río Grande de Colquechaca.

CONCLUSIONES

Las muestras de suelo procedentes de las comunidades del valle de Macha y Pocoata indican ausencia de contaminación en As y Pb y contaminación en Cd y Zn, aunque por debajo de los límites permitidos según la mayoría de las normativas medioambientales.

Las concentraciones de Cd y Zn disminuyen progresivamente según nos alejamos de la mina de Colquechaca.

El deterioro ambiental existente plantea la necesidad de implementar medidas de remediación bajo la estrategia de un plan de adecuación ambiental en el área de acción de los operadores mineros ellas para reducir el vertido de sólidos y líquidos al cauce principal del Río Grande de Colquechaca. Además, en el área de las comunidades del valle de Macha-Pocoata se plantea la restauración de suelos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se enmarca dentro del programa CUNIT- cooperación universitaria y formación técnica especializada en Bolivia financiado por la AECID y el proyecto de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID, A3/042750/11).

REFERENCIAS

- Amezaga, J.M., Rötting, T.S., Younger, P.L., Nairn, R.W., Noles, A.-J., Oyarzún, R., Quintanilla, J. (2011). A rich vein? Mining and the pursuit of sustainability. *Environmental Science and Technology*, 45, 21-26.
- Archer, J., Hudson-Edwards, K.A., Preston, D.A., Howarth, R.J., Linge, K. (2005). Aqueous exposure and uptake of arsenic by riverside communities affected by mining contamination in the Río Pilcomayo basin, Bolivia. *Mineralogical Magazine*, 69, 719-736.

Council of the European Communities (1986). On the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. OJEC. 86/278/EEC No L 181/6-181/12. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1986:181:0006:0012:EN:PDF> (accessed 12.06.12).

Garitano-Zavala, Á., Cotín, J., Borràs, M., Nadal, J. (2010). Trace metal concentrations in tissues of two tinamou species in mining areas of Bolivia and their potential as environmental sentinels. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168, 629-644.

Kloke, A. (1980). Richwerte '80, Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden, *Mitt. Vdlufa*, 2, 9-11.

Kossoff, D., Hudson-Edwards, K.A., Dubbin, W.E., Alfredsson, M., Geraki, T. (2013). Cycling of As, P, Pb and Sb during weathering of mine tailings: Implications for fluvial environments. *Mineralogical Magazine*, 76, 1209-1228.

Martínez, C., Vargas, E. (1990). Sobre las deformaciones sinsedimentarias mesozoicas de la region de Macha - Pocoata - Colquechaca (norte de Potosi-Cordillera Oriental de Bolivia). *Revista técnica de YPFB*, 11, 13-20.

Miller, J.R., Hudson-Edwards, K.A., Lechler, P.J., Preston, D., Macklin, M.G. (2004). Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Río Pilcomayo basin, Bolivia. *Science of the Total Environment*, 320, 189-209.

Mlynarczyk, M.S.J., Williams-Jones, A.E. (2005). The role of collisional tectonics in the metallogeny of the Central Andean tin belt. *Earth Planet. Sci. Letters*, 240, 656-667.

Oporto, C., Smolders, E., Vandecasteele, C. (2007). Elevated cadmium concentrations in potato tubers due to irrigation with river water contaminated by mining in potosí, Bolivia. *Journal of environmental Quality*, 36, 1118-1186.

Oporto, C., Smolders, E., Vandecasteele, C. (2012). Identifying the cause of soil cadmium contamination with Monte Carlo mass balance modelling: A case study from Potosi, Bolivia. *Environmental Technology*, 33, 555-561.

Porta, J., López-Acevedo, M., Rodríguez, R. (1986). *Técnicas y Experimentos en Edafología*. 2ª Ed. Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya, Barcelona, 285 p.

Prefectura del Departamento de Potosí (2006). Inspección ambiental a las actividades mineras de los municipios de Colquechaca, Pocoata, Llallagua, Uncía y Chayanta del Departamento de Potosí, potosí- Bolivia. 34 p.

Rahaman, S., Sinha, A.C., Pati, R., Mukhopadhyay, D. (2013). Arsenic contamination: a potential hazard to the affected areas of West Bengal, India. *Environ. Geochem. Health*, 35, 119-132.

Rojas, J.C., Vandecasteele, C. (2007). Influence of mining activities in the north of potosi, Bolivia on the water quality of the Chayanta River, and its consequences. *Environmental Monitoring and Assessment* 132, 321-330.